

뇌파의 감성자극에 의한 변화

황민철, 조희관, 김진호, 김철중
한국표준과학연구원 인간공학연구실

Abstract

EEG(electroencephalogram) is attempted to determination of human emotion. Ten university students were participated in this study. Ten auditory stimuli were presented for a subject to evoke emotion. Data homogeneity according to brain local area and basic mechanism of relative variation for combinational delta, theta, alpha and beta waves were analyzed. As the result, the local area characterized by factor analysis and the relative variation of alpha-delta wave can be considered as the determinants of human emotion.

1. 서 론

감성공학적 응용은 인간의 뇌에 대한 신비를 푸는 정도에 따라 그 성패가 달려있다고 하여도 과언이 아니다. 지금까지 뇌의 체험되어지는 감성을 언어적 표현에 의존하던 것을 생리적 반응을 관찰 분석함으로써 좀더 정량화 및 정성화의 정확도 및 가능성을 타진해 보자는 것이 감성공학의 연구 목표라고 할 수 있다. 또한 인간의 정보전달 및 처리체계를 좀더 구체화 및 체계화하여 생리적, 심리적 모형을 만든다면 인간중심적 감성적 제품 및 환경을 만드는 데에 커다란 진보를 할 수 있고 21세기의 전략적 제품개발 수단이자 복지사회의 사회/문화환경조성의 방향을 제시할 수 있을 것이다.

뇌파는 피험자의 상태에 따라서 특정주파수를 갖는 $\delta, \theta, \alpha, \beta$ 파형을 나타낸다. 이들 파형 중 δ -파는 깊은 수면상태에 있을 때나 갓난 아이에서 주로 나타나며 4Hz 이하의 주파수에 보이고, θ -파는 4-8Hz의 파형으로서 정서적으로 불안한 상태에 있거나 주위가 산만할 때 주로 나타난다. 그리고 α -파는 정신적으로 안정되고 눈을 감고 있는 상태에서 많이 나타나는 8-13Hz의 주파수이며, β -파는 13Hz 이상의 주파수로써 뇌의 활발한 활동에 의해 빠르고 불규칙한 형태로 많이 나타난다고 알려져 있다.

지금까지 밝혀진 인간 뇌파의 감성에 대한 반응에 대한 연구결과로서는, 감성적 뇌인 우뇌와 이성적 뇌인 좌뇌의 활성화가 중요한 사실로 인정되고 있고(McKee, et al., 1973; Rugg & Dickins, 1982) 인간의 부정적 정서반응은 우뇌에서, 긍정적 반응의 정서반응은 좌뇌에서 활성화도가 높다는 보고가 있다(Davidson & Tomarken, 1989; Heller, 1990; Silberman & Weingartner, 1986). 신경생리학과 분자생물학 등의 연구에서는 시상(thalamus)과 시상하부(hypothalamus), 편도핵(amygdala) 등을 포함하는 변연계(limbic system)가 감성 발생 과정 전반에 영향을 끼치고 있음을 밝히고 있다(Andreassi, 1995).

본 연구에서 수집한 뇌파는 뇌의 국제적 전극법에 의해 측정점이 정의된 21차원의 다변량 데이터이다. 그러나 각 측정점에서 수집된 뇌파는 모두 같지 않으며 그 양의 차이가 뇌의 영역별로 다양하게 나타난다. 뇌파신호는 시계열 측면에서 신호자체에서 규칙성이 보이지 않은 불규칙한 신호일 가능성 즉 그 특성이 시간에 따라 변화하는 nonstationary한 신호이다. 그러나 인간의 감

성이나 인지과정에서 활동하는 뇌의 영역은 구분될 수 있다. 또한 뇌파의 일반적 변화추세는 $\delta, \theta, \alpha, \beta$ 파형의 상호변화량이다. 즉 α 파의 attenuation이 β 파의 증가를 가져오듯이 α - β 파의 상호변화가 인간의 정신활동에 주요한 mechanism이다. 그러므로 각파형의 상호변화추세가 인간 감성변화에 대한 뇌파변화에 주요한 mechanism으로 작용할 가능성이 있다.

그러므로 본 연구에서는 뇌파의 $\delta, \theta, \alpha, \beta$ 파형을 통하여 감성을 지각하는 뇌의 영역이 어떻게 구분되는가를 분석하였다. 이 결과는 21개 채널을 동질(homogeneous)적인 채널은 그룹화하여 분류함으로써 차원축소를 유도하고 뇌파의 각파의 상호변화에 대한 일반적 현상을 관찰하여 뇌파의 감성적변화를 규명하고자 한다.

2. 실험 및 분석

뇌파는 심리상태, 감성변화 뿐 만 아니라 여러 외적환경 요인에도 민감하게 변하기 때문에 영향을 주는 잡음인자(noise factor)를 제어하는 엄격한 실험계획(experiment design)이 필요하다. 본 실험에서는 감성에 대한 뇌파의 반응을 분석하기 위하여 외부와 차단된 특별한 실험환경과 실험 프로토콜이 제시되었다(황민철 등, 1997). 피험자는 여자 5명, 남자 5명을 실시하였다. 평균연령은 약 20세이고 모두 감각상 문제는 없었다. 피실험자는 측정환경과 차단된 생리신호 측정 실험실에 준비된 의자에 편안한 자세로 눈을 감은 상태에서 무작위 소리자극을 받았다. 자극시간은 한 자극에 대해 30초로 하였고 그 다음 자극이 진행되기 전에 2분 정도의 무자극 상태가 유지되도록 하였다. 자극간의 무자극 상태를 유지하는 것은 자극에 대한 회복시간을 충분히 두어 자극 전의 baseline 상태로 되돌아 가게하기 위해서이다(황민철외, 1996). 실험 후에는 자극에 대한 주관적 평가를 실시하였다. 자극이 가장 좋은 정도에 따라 +5까지, 나쁜 정도에 따라 -5까지의 11점 척도를 사용하였다. 감성자극은 청각자극을 사용하여 피실험자의 감성을 유발시켰으며 자극 방법은 효과음 CD를 이용하여 자극의 내용을 10가지로 하여 긍정적자극과 부정적자극 각각 5개씩 준비하였다.

본 연구에서는 Spectrum 32(Cadwel)장비를 사용하여 21개 측정점에서 뇌파를 측정하였다. 이 장비에서는 2.5초 단위로 뇌파에 대한 주파수(frequency) 분석이 가능하다. 2.5초 단위의 뇌파를 FFT (Fast Fourier Transformation)를 통하여 변환한 다음 특정주파수- $\delta, \theta, \alpha, \beta$ -로 구분하여 각 주파수 대역에 포함하는 절대 power 값을 구하였다. 상대 power 값은 4개 주파수 대역의 총 power 값에 대한 각 주파수 대역의 상대비율(%)로서 계산되어졌다.

본 연구에서는 청각자극 제시 전후의 뇌파 변화율을 통하여 감성상태를 분석하고 하였다. 따라서 피실험자의 외적 심리적인 잡음인자(external noise)를 제어하는 것이 매우 중요하다. 심리적인 요인은 매우 많이 존재하지만 심리적 잡음인자가 제거되면 심리적으로 안정상태를 유지한다고 가정하였다. 실험 준비가 끝난 뒤 피실험자의 심리적인 안정상태(rest condition)을 확인하기 위하여 Frequency Mapping을 통해 뇌파의 출현량을 살펴보고 이를 확인하면서 실험이 실시되었다.

자극 전후 30초 동안의 상대 power 값은 2.5초 단위의 상대 power 값을 합하여 계산하였다. 그러나 실험 과정에서 순간으로 나타나는 잡음-졸음, 긴장, 움직임 등이 일부 존재하였다. 이들 자료는 2.5초 구간의 분석에서 심각한 이상점(outlier)로 나타나면 구간별로 제외한 후 분석하였다. $\delta, \theta, \alpha, \beta$ 출현량의 변화에 대한 연관성 분석에서는 자극 후 10초간의 자료만 샘플링하여 분석하였다. 무자극상태에 대한 자극상태의 뇌파의 상대적인 변화 정도를 채널별/주파수 대역별로 다음과 같이 구하였다.

$$RS_{ijk} = (NS_{ijk} - S_{ijk} / S_{ijk}) \times 100, \quad (1)$$

여기서 N_{ijk} 는 k 채널, j 청각자극 전 무자극상태에서의 i 주파수 대역의 상대 power 값이고, S_{ijk} 는 k 채널, j 청각청각자극에서의 i 주파수 대역의 상대 power 값이다. R_{ijk} 가 0이면 자극에 대한 반응이 없는 상태이고 1이면 자극에 대한 반응이 무자극상태의 2배에 해당된다.

본 연구에서는 앞에서 언급한 바와 같이 두 가지의 내용에 대하여 분석하였다. 첫째로, 감성을 지각하는 뇌의 영역이 어떻게 구분이 되는가를 분석하였다. 즉, 주파수 대역별(i)로 10개의 자극(j)에 대한 21개 채널(k)의 동질성을 인자분석을 통하여 연구하였다. 둘째로 $\delta, \theta, \alpha, \beta$ 출현량의 상호상관변화를 살펴보았다.

3. 결 과

그림1은 뇌파의 $\delta, \theta, \alpha, \beta$ 파형의 각각에 대하여 인자분석(factor analysis)결과로서 21개의 채널이 몇 개의 인자(factor)로 구분되어지는가를 보여준다. 그림은 인간의 머리를 위에서 본 형태이고 윗부분이 머리의 이마부분 아래부분이 머리의 뒷부분을 나타내고 있다. 머리안에 있는 점들은 측정점들의 명칭과 위치를 나타내고 있다. 뇌의 δ -파는 크게 2개의 공통인자로 21개 채널을 설명할 수 있으며 이때 설명율 88.1% 정도이다. 인자 2는 전두엽 부분이고 인자1은 주로 전두엽 부분을 제외한 영역으로 나누어졌다. 이 결과는 α 파에서의 결과와 거의 비슷하게 나타났다. 설명율은 88.9%정도이다. 따라서 감성변화에 따른 α 파와 δ 파의 변화에 대한 데이터의 동질성으로 미루어 보아 두파에 대한 관련성은 매우 높은 것으로 추론된다. θ 파와 β 파는 크게 3개의 인자로 나누어지는데 이때 θ 파 설명율은 83.4%를 가진다. θ 파에서는 인자 1은 주로 후두엽, 두정엽, 중심부 및 후측두엽 부분이며, 인자 2는 전두엽, 인자 3은 좌우중심부, 좌우전두엽, 및 전측두엽 부분으로 나누어짐을 알 수 있다. 좌우후전두엽(F3, F4)과 좌우중심부(C3, C4)는 인자2와 3에서 겹치는 것이 다른파에서 볼 수 없는 특이한 현상이다. β 파 설명율은 80.8%로서, 인자 1은 후전두엽, 중심부, 전측두엽, 인자 2는 후두엽, 두정엽, 후측두엽, 인자 3은 전전두엽 부분으로 구분되어진다.

뇌의 $\delta, \theta, \alpha, \beta$ 의 변화에 대한 연관성 분석을 하였다. 각파의 출현값에 대한 상대 power 값으로 변환하여 사용하였기 때문에 상호변화량에 대한 coupling현상을 볼 수 있다. 4개의 주파수대역의 상호간 상관관계를 분석하기 위하여 $4C_2$ 개의 경우에 대하여 각각 분석되었다. 이 연구에서 나타난 뚜렷한 coupling 현상은 δ 와 α 간의 상반된 변화이다. 그림 2는 측두엽, 두정엽, 후두엽의 δ 와 α 파에 대한 변화를 보여준다. 수평축이 δ 파이고 수직축이 α 파이다. 기술한 바와 같이 데이터는 무자극상태에서 증감을 나타내므로 양수는 증가, 음수는 감소를 나타내고 수치 1은 무자극상태에서 100%변화를 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 δ 파가 증가할수록 α 파가 감소하는 것을 볼 수 있다. δ 파의 감소는 α 파의 급격한 증가를 나타내고 반대로 δ 파의 증가는 α 파의 완만한 감소를 보여주는 것이 특징적이다. 이러한 변화는 뇌전반에 걸쳐 나타났다.

4. 결 론 및 토 론

본 연구는 10명의 남녀대학생 각각에게 제시된 10개의 청각감성 유발자극에 대한 뇌파반응을 주파수대역별로 변화에 대한 데이터동질성과 각파출현량 변화추이를 살펴보았다. 뇌파출현량 변화에 대한 인자분석으로 뇌파변화의 동질성그룹을 결정해보았다. 뇌파의 출현량이 감성을 유발하

는 자극에 대해 각 주파수대역 별로 다른 양상을 보인다. 이것은 감성체험에 대한 각파의 변화와 분포가 동일하지 않음을 보여준다. 그러므로 각파의 감성변화에 대한 분석영역이 21개 채널을 동질(homogeneous)적인 채널으로 그룹화하여 분류함으로써 차원축소를 유도하여 뇌파정보를 단순화시킬 수 있고, 뇌파 해석을 보다 쉽게 할 수 있다. 또한 분석시 고려해야할 국부점을 각 주파수대역별로 구분하여 하는 것이 의미있는 결과를 볼 수 있는 가능성을 제시한다. 특이할만한 현상 중 하나는 그림1에서 제시하는 것과 같이 δ 파와 α 파의 데이터 동질성 분류가 같다. 이것은 δ 파와 α 파의 상호변화에 대한 현상을 간접적으로 제시해 준다고 볼 수 있다. 그러므로 그림 2에서 제시하는 δ 파와 α 파의 상반된 변화추세가 일관성이 있음이 관찰하게 되었다. 실제로 뇌파의 대표적인 변화 mechanism은 α 파가 편안한 상태에서 증가하다가 정신활동이 증가하면 α 파는 사라지고 β 파가 왕성한 것으로 알려져 있다. 그러므로 일반적인 가정은 α 파의 증가와 동시에 β 파의 감소를 나타내는 변화는 인간의 감성적 변화에도 적용이 될 것이라는 것이다. 그러나 감성변화에 대한 특징적 변화로서 제시되는 것은 α - β 의 상관변화보다는 δ - α 의 상호변화가 의미 있는 것으로 나타났다. δ 파는 수면이나 지루할 때 왕성하게 나타나는 느리고 저주파성분의 뇌파이다. 이 δ 파의 감소가 다른파의 변화보다는 α 파의 증가를 보여준다. 그 외의 다른 파의 상호변화는 매우 분산적이어서 추세가 없었다. 이것은 인자분석에 의한 데이터 동질성에서도 각각 다른 양상을 보이고 있는 것과 일치한다고 볼 수 있다.

뇌파현상에 대한 본 연구의 재현성은 아직 확인되지 않았다. 이것은 추후연구로 진행할 예정이다. 이 결과가 실험조건과 환경에 한정된 것인지에 대한 검증이 필요하며 앞으로도 많은 구체적인 실험결과에 의해 감성변화에 대한 뇌파의 일관적 변화를 추구할 것이다. 중요한 것은 각각의 피실험자의 큰 개인차를 고려한다면 누구에게나 적용되는 일반적 경향을 찾는다는 것은 많은 어려움과 난이도의 극복이 요구된다. 그러므로 이를 위해서는 실험의 엄격한 제어과 세밀한 고려가 뒷받침 되어야한다. 예를 들어, 자극들 간의 회복시간, 자극에 의한 세밀한 감성유발, 신뢰성 있는 주관적평가, 생리신호의 노이즈제거방안, 피실험자의 졸음방지등을 들 수 있다. 결론적으로 아직 재현성은 확인되지 않았지만, 심한 개인차를 보이는 10명의 데이터 속에서 보여지는 뚜렷한 현상은 감성변화에 대한 α - δ 의 일관된 데이터동질성과 상호변화가 의미있는 현상이며 인간감성변화를 뇌파로 설명하려는 데에 방향성을 제시하고 있다.

본 논문은 감성자극에 의한 뇌파변화에 제한을 둔다. 감성변화는 긍정적감성과 부정적감성으로 나누어지며 감성변화의 같은 차원이라도 그 정도는 각각 다를 수 있다. 감성변화에 대한 연구는 주관적 평가와 뇌파 즉 생리적 변화와의 상관성에 대한 연구로 이어지며 이것은 추후연구과제로 남긴다. 계속되는 연구는 인간감성표현의 두 가지 형식에 대한 검증이며 또한 감성을 세분화하였을 때 감성평가의 생리적 민감도에 대한 능력을 평가하고자 하는 것이다. 즉 인간감성의 극단적 상태인 안락함과 불편함은 측정 평가상의 구분이 확실하지만 안락함과 덜 안락함에 대한 구분이 과연 주관적평가와 생리적평가에서 가능한 것인지 아니면 주관적평가와 생리적평가가 상호보완적이어야 하는 것인지에 대한 좋은 방향성을 제시해 줄 것이다. 인간감성연구는 많은 부분에서 활발한 기초적 연구가 요구된다. 특별히 인간의 생리적이고 심리적인 기초연구가 해결의 열쇠가 될 것이다. 비록 연구진행중에 많은 시행착오로 인한 실패담이 있다 할지라도 이러한 실패담의 교류가 오히려 연구의 많은 전환점과 동기를 부여할 것이다.

5. 참 고 문 헌

- 황민철, 손진훈, 김철중 (1997). 감성에 따른 뇌의 변화 특성에 대한 연구: 청각감각에 의한 감성. 대한산업공학회지, 심사중
- 황민철, 김지은, 김철중 (1996). 청각감성의 생리적 신호변화에 대한 연구. 대한인간공학 춘계 학술대회논문집, 259-263.
- Andreassi, J.L. (1995). Psychophysiology: Human behavior and physiological response. 3rd edition, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hillsdale, NJ.
- Davidson, R.J., Tomarken, A.J. (1989). Laterality and emotion; An electrophysiological approach. In F. Boller & J. Garafman (Eds.), Handbook of neuropsychology (Vol. 3, pp. 419-441). New York: Elsevier.
- Heller, W. (1990). The neuropathology of emotion: Developmental patterns and implications for psychological and biological approaches to emotion (pp. 167-211). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- McKee, G., Humphrey, B., & McAdam, D. W. (1973). Scaled lateralization of alpha activity during linguistic and musical tasks. Psychophysiology, 10, 441-443.
- Rugg, M.D., & Dickins, A.M.J. (1982). Dissociation of alpha and theta activity as a function of verbal and visuospatial tasks. Electroencephalograph and Clinical Neurophysiology, 53, 201-207.
- Silberman, E.K., Weingartner, H. (1986). Hemispheric lateralization of functions related to emotion. Brain and Cognition, 5, 322-353.

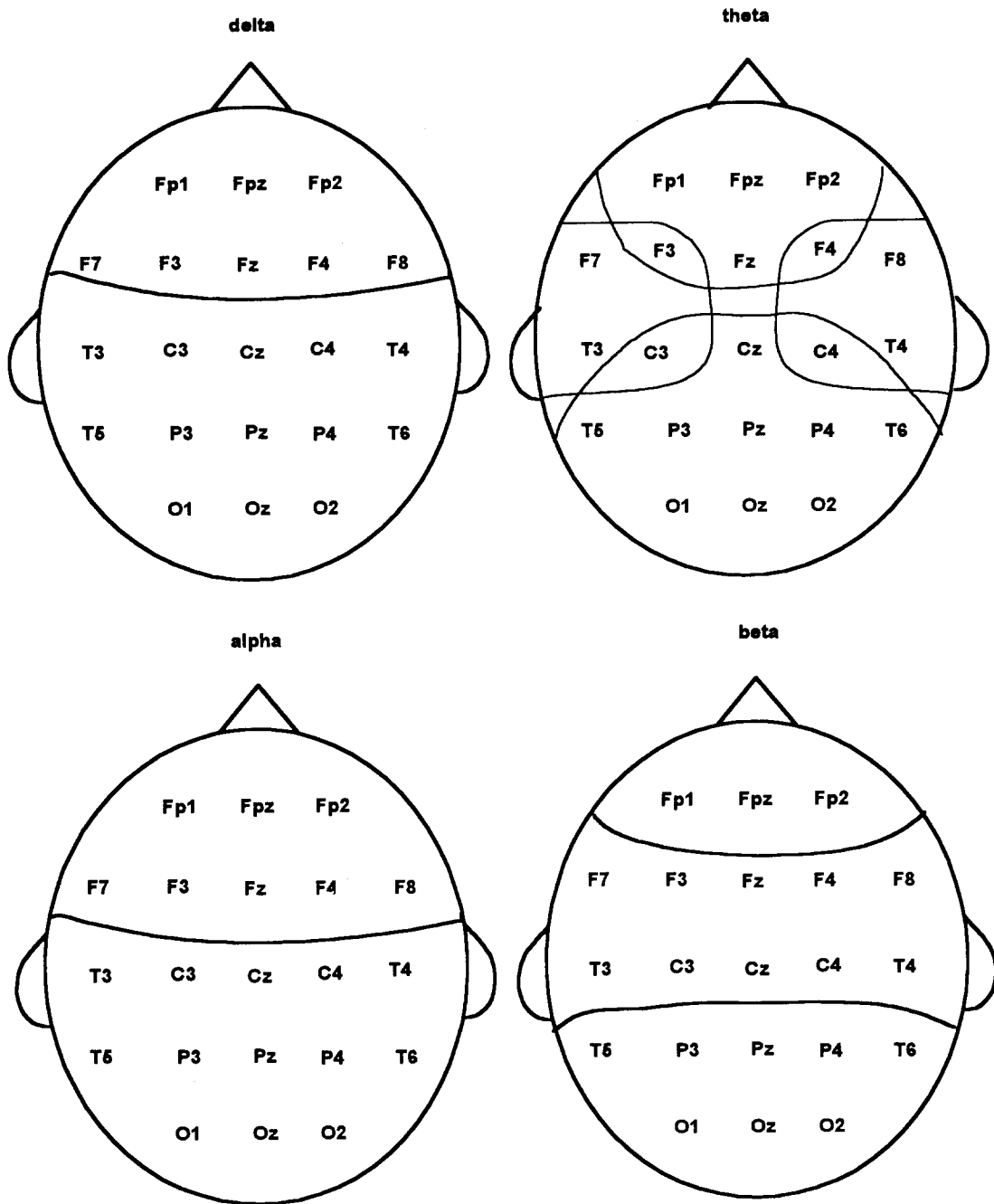
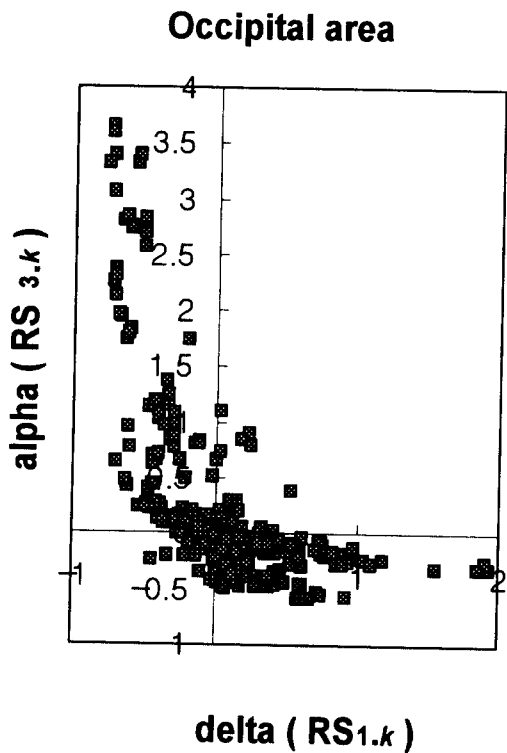
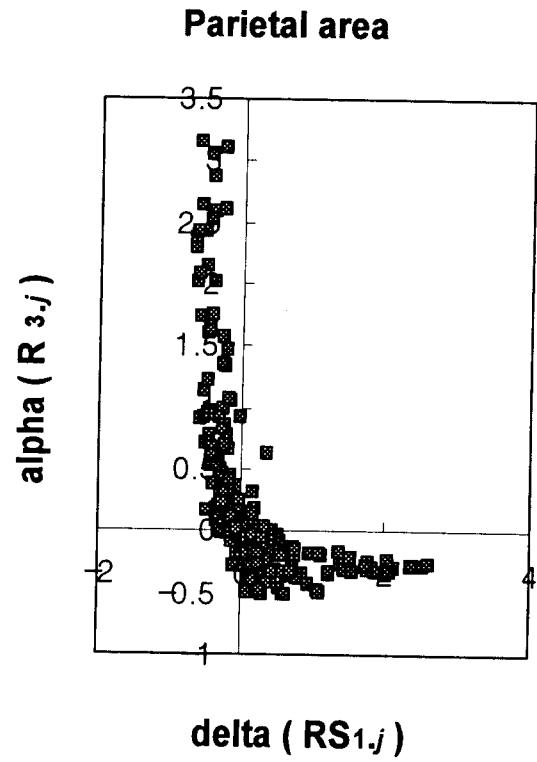
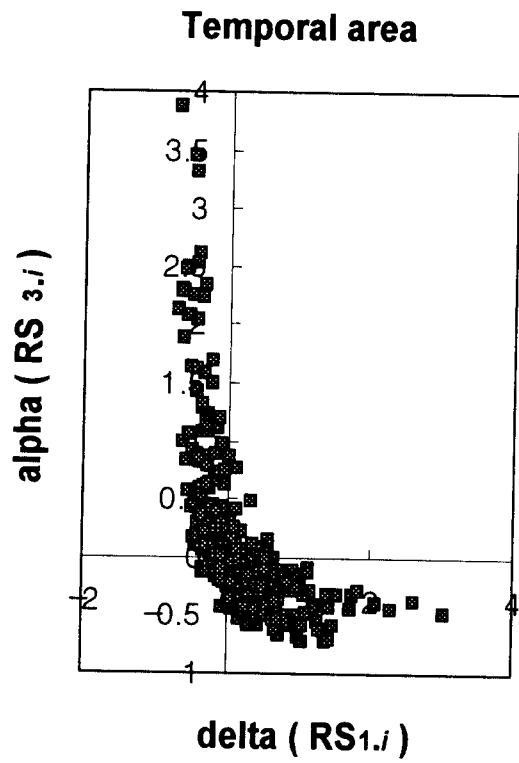


그림 1. 감성자극에 변화에 대한 요인분석 결과, 뇌파의 δ , θ , α , β 파의 영역별 데이터 동질성에 의한 분류



※ RS의 첨자

- 1 : δ -주파수 대역
- 2 : α -주파수 대역
- i : T_3, T_4, T_5, T_6 채널
- j : P_3, P_z, P_4
- k : O_1, O_z, O_2
- \cdot : 10 개의 청각 전부

그림 2. 감성자극에 의한 뇌파의 δ - α 의 상호상관변화추세